

ESTIMACIÓN DE LA SOBRECARGA DE TABIQUERÍA EN ESTRUCTURAS DE EDIFICACIÓN RESIDENCIAL

(ESTIMATION OF PARTITION SET LOAD IN RESIDENCIAL BUILDING STRUCTURES)

Emilio Martín Gutiérrez, Dr. Arquitecto. Profesor Titular de Universidad

Javier Estévez Cimadevila, Dr. Arquitecto. Catedrático de Universidad

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de A Coruña

Fecha de recepción: 22-IV-04

ESPAÑA

650-5

RESUMEN

El estudio aquí esbozado pretende abordar la problemática de la estimación de acciones gravitatorias derivadas de la tabiquería en el ámbito de la edificación residencial. En su desarrollo se han contemplado las indicaciones de diversas normas, y se han considerado las especificaciones técnicas de un amplio espectro de soluciones constructivas relativas a paramentos verticales simples y compuestos. Con una base estadística, elaborada sobre un extenso conjunto de proyectos construidos, se avanzan posibles valores característicos, tanto para la densidad de divisiones interiores como para la consideración de las mismas mediante cargas equivalentes con distribución superficial uniforme. Por último, se exponen propuestas con relación a la modelización de tales acciones, en particular de cara a su incorporación bajo aplicaciones informáticas de cálculo; con el fin de sistematizar su definición y adecuar la interpretación de los oportunos resultados al comportamiento real del sistema estructural objeto de cálculo.

SUMMARY

The purpose of this study is to treat the problem of the estimate of gravitational actions derived from the partition set in the field of residential building. In its development there have been taken into consideration diverse regulations as well the technical specifications of a wide spectrum of constructive solutions concerning the simple and compound vertical faces. With a statistical basis that extends over a large set of constructed projects, possible characteristic values are put forward for both the density of interior divisions and the consideration of it by means of equivalent loads with uniform superficial distribution. Finally, proposals are presented in relation with the modelling of such actions, in particular, from the point of view of its incorporation under the computerized applications of calculus, with the purpose of systematizing its definition and adapting the interpretation of the appropriate results to the real behaviour of the structural system object of calculation.

1. INTRODUCCIÓN

La estimación de acciones en la edificación, cuestiones de naturaleza sísmica aparte, se rige fundamentalmente por la Norma Básica aprobada en 1988 (ref. 6), cuyo texto se hereda de la primitiva NBE-MV-101-1962. En efecto, una comparación detallada entre ambos documentos revela como única diferencia la definición de una sobrecarga de uso específica para el caso de *habitaciones de viviendas económicas*, referencia hoy abandonada por razones evidentes.

En consecuencia, los procedimientos actuales de estimación de acciones se basan en estudios y criterios desarrollados hace más de cuarenta años. Durante ese mismo período, por el contrario, el panorama constructivo ha recogido el nacimiento y extensión de técnicas y soluciones de mayor eficacia o con mejores prestaciones. En particular, el ámbito de los cerramientos y tabiques divisorios se ha visto notablemente influido por las prescripciones de los sucesivos reglamentos relativos al acondicionamiento térmico y acústico de la edificación, y a las oportunas condiciones de protección contra incendios. Como resultado, la

práctica constructiva se ha decantado por alternativas en conjunto más satisfactorias y que a menudo implican valoraciones de carga que pueden diferir de los montantes tradicionales.

Por otro lado, el mundo de la informática, y por extensión el de las aplicaciones de análisis estructural, ha experimentado una progresión sin precedentes; situación que implica a efectos prácticos variaciones en la idealización de sistemas y cargas, así como nuevos interrogantes en lo que respecta a la interpretación de resultados.

Toda esta situación converge en un momento en que se somete a discusión el Código Técnico de la Edificación, documento que pretende en un futuro inmediato aglutinar y sustituir la mayor parte de la reglamentación existente en el ámbito que se describe en el propio título. Entre los muchos temas a tratar se encuentra el de la estimación de acciones gravitatorias, cuestión que, si bien no ha originado por sí misma una patología patente, sí ha sido cuestionada fundamentalmente desde el ejercicio profesional. Al respecto, surgen serias dudas sobre el orden de magnitud asociado a determinados despieces constructivos, o con relación a la posible adecuación de los valores de sobrecarga de uso y tabiquería comúnmente asumidos en la redacción de nuevos proyectos de edificación. Esta última cuestión se establece en el marco actual de los métodos de cálculo basados en estados límites, donde se utilizan criterios de seguridad de tipo semiprobabilista, con acciones de servicio establecidas en valores característicos (índice de fiabilidad de valor 0,95 respecto de la posibilidad de ser sobrepasadas durante la vida útil de la construcción) (ref. 4).

Partiendo de las anteriores premisas, el presente trabajo pretende avanzar en la sistematización de las acciones derivadas de las particiones interiores más habituales, y en el ajuste de las cifras de estimación correspondientes. Evidentemente, propuestas como la aquí delineada deberían coordinarse en paralelo con otros estudios, abarcando cuando menos las cuestiones de la Norma que plantean mayores interrogantes.

2. NORMATIVA

La consideración del peso propio de las divisiones utilizadas en edificación se recoge en el tercer capítulo de la Norma Básica AE-88 (*Acciones en la edificación*) (ref. 6), más concretamente en su apartado 3.3 *Sobrecarga de tabiquería*. En su redacción se plantea el cómputo de dicha acción mediante una distribución superficial uniforme que se adicionaría a los oportunos valores de sobrecarga de uso. El articulado reconoce expresamente que tales montantes no constituyen con rigor una sobrecarga, pero opta por la asimilación descrita atendiendo a que las edificaciones pueden ser objeto de reformas durante su vida útil. En efecto, una reorganización de las estancias

puede originar sensibles variaciones en la posición de particiones y en las intensidades con que éstas gravitan sobre la estructura.

El objetivo es, por tanto, una modelización de las acciones que no constituya una limitación en proyectos de reforma. La determinación de la sobrecarga equivalente se hace dependiente en su totalidad de los valores de uso adoptados con arreglo al Cuadro 1

CUADRO 1

| Uso (kp/m ²) | < 300 | 300 a 400 | > 400 |
|---------------------------------|-------|-----------|-------|
| Tabiquería (kp/m ²) | 100 | 50 | 0 |

NTE-ECG-88. Tabla 22. *Sobrecarga de tabiquería*

No obstante, este planteamiento se puntualiza con una serie de consideraciones adicionales:

- . La asimilación del peso como una acción superficial uniforme únicamente comprende aquellos tabiques ordinarios que no superen los 120 kp/m² (la redacción de la Norma se refiere específicamente a particiones de ladrillo hueco o placas ligeras, con guarnecido en ambas caras, de grueso total no mayor de 7 cm).
- . Cuando se trate de tabicones que superen la cifra anterior, se requiere la estimación de la correspondiente carga lineal actuando sobre la base de asiento del paramento.
- . La cifra de sobrecarga de 100 kp/m², recurrente en el caso de construcción residencial y en ámbitos privados de edificios públicos, procede de computar una distribución por metro cuadrado de piso de 0,50 m de tabique de 2,50 m de altura y 80 kp/m² de peso propio.

De la lectura del último punto puede inferirse la obsolescencia del planteamiento enunciado, ya que en el estudio distributivo se contemplan divisiones cuyo peso propio oscila en torno a los 80 kp/m². Este valor se refiere a tabiques de ladrillo hueco sencillo (4 ó 5 cm), con enlucido a doble cara; solución ampliamente extendida en el período de redacción de la Norma y hoy totalmente abandonada.

La última redacción del denominado Código Técnico de la Edificación recoge estas cuestiones en el Documento Básico SE-AE (*Seguridad estructural-acciones en la edificación*). Este texto abandona por completo la consideración de la tabiquería como una categoría de sobrecarga, sustituyéndola por una acción de carácter permanente derivada del peso propio de los elementos constructivos, sean o no portantes. Sin embargo, en el apartado 2.1.2 (*determinación del peso propio*) nuevamente se admite la asimilación como carga equivalente uniformemente distribuida cuando se trate de tabiques ordinarios cuyo peso no supere la cifra de 1,20 kN/m². Asimismo, y siempre que la

sobrecarga de uso resulte inferior a 3 kN/m^2 , establece 1 kN/m^2 como valor mínimo para la citada acción repartida, remitiéndose a la Tabla 1.4 del Anejo C para consultar valores relativos a los tipos de tabiquería más usuales (Cuadro 2). En suma, el Código Técnico traslada la tabiquería del conjunto de acciones variables a la categoría de carácter permanente, lo cual apunta a una aplicación más coherente de los parámetros de seguridad; y conserva el concepto de distribución uniforme equivalente, con limitaciones similares pero con valores en principio más ajustados a las soluciones constructivas habituales.

Cabe consultar igualmente las especificaciones del Eurocódigo 1 (*Bases de proyecto y acciones en estructuras*) (ref. 2), concretamente los contenidos de la denominada Parte 2-1 (*Acciones en estructuras*). En dicho documento, las acciones se ven divididas en dos categorías: Pesos propios de elementos constructivos, generalmente de carácter fijo; y cargas exteriores, consideradas variables y libres. El primer grupo se trata en la sección 5, donde quedan reflejados explícitamente los tabiques y revestimientos interiores. No obstante, en el mismo punto se indica que las divisiones que puedan ser objeto de reforma se considerarán como cargas exteriores. Posterior-

mente (en el apartado 5.3.2.1 *Forjados, cerramientos y tabiques*), la determinación del efecto del peso propio de la tabiquería se vincula a la posible consideración de una carga equivalente uniformemente repartida. El documento no incluye referencias más explícitas al tema, ni cifras orientativas o formulaciones que faciliten su aplicación; quizás por tratarse de una norma de ámbito europeo, en la que confluyen soluciones habitacionales y constructivas muy diversas.

Por último, debemos hacer referencia a los condicionantes de naturaleza acústica exigibles a los elementos constructivos, con objeto de no sobrepasar determinados niveles de inmisión. Estos aspectos se recogen actualmente en la Norma Básica CA-88 (*Condiciones acústicas en los edificios*) (ref. 7), y se entienden ligados al contenido del presente estudio en la medida en que la consecución de un cierto grado de aislamiento requiere fundamentalmente la interposición de masa (al margen de la utilización de materiales aislantes), lo que a su vez redundaría en la estimación del peso propio de las tabiquerías. Los requisitos generales se enuncian en el capítulo 3º, y se sintetizan (en lo que respecta al aislamiento mínimo a ruido aéreo R) en el Cuadro 3, derivado de la lectura de los artículos 10º a 13º:

CUADRO 2

| Elemento | Carga por unidad de superficie | Carga equivalente uniforme ⁽¹⁾ |
|---|-----------------------------------|---|
| Unidades | kN/m^2 | kN/m^2 |
| Tabiques sin revestir | | |
| De rasilla, espesor 30 mm | 0,40 | 0,60 |
| De ladrillo hueco, espesor 45 mm | 0,60 | 0,90 |
| De ladrillo hueco, espesor 90 mm | 1,00 | 1,50 |
| Revestimientos, por 10 mm de espesor | | |
| Enfoscado o revoco de cemento | 0,20 | 0,30 |
| Revoco de cal o estuco | 0,16 | 0,24 |
| Guarnecido de yeso | 0,12 | 0,18 |
| Tabiques prefabricados | Según indicaciones del fabricante | ⁽²⁾ |

⁽¹⁾ Valores válidos para el dimensionado de los elementos estructurales en edificios con las siguientes características:

Luces de los forjados $4 \text{ m} \leq L \leq 12 \text{ m}$
Distribución de tabiquería $0,50 \text{ m}$ de tabique de 3 m de altura por m^2 de planta
Altura de los tabiques $\leq 3,0 \text{ m}$

En otros casos, o para un análisis más detallado, se deberá determinar una carga equivalente correspondiente a las características de la tabiquería y del edificio, o representarla a través de sendas cargas lineales.

⁽²⁾ En los casos en los que se cumplan las condiciones de la nota anterior, y si la carga por unidad de superficie de los tabiques prefabricados no supera $1,2 \text{ kN/m}^2$, se podrá adoptar un valor conservador de la carga equivalente de $1,80 \text{ kN/m}^2$. Este valor se podrá reducir proporcionalmente para tabiques con una carga por unidad de superficie $< 1,2 \text{ kN/m}^2$.

Código Técnico de la Edificación. Documento Básico SE-AE.
Tabla 1.4. Valores nominales de la carga por unidad de superficie de tabiques y valores nominales de la carga equivalente uniformemente distribuida

CUADRO 3

| Artículo | Elemento constructivo | R |
|----------|---|--------|
| 10º | Particiones interiores compartimentando áreas de igual uso | 30 dBA |
| 10º | Particiones interiores compartimentando áreas de distinto uso | 35 dBA |
| 11º | Paredes separadoras de propiedades o usuarios distintos | 45 dBA |
| 12º | Paredes separadoras de zonas comunes interiores | 45 dBA |
| 13º | Fachadas (ámbito ciego del paramento) | 45 dBA |

Como describiremos en el siguiente apartado, las soluciones constructivas más comunes en el ámbito de las particiones interiores superan el nivel de aislamiento exigible de 35 dBA, pero implican igualmente pesos por encima de los 120 kp/m² (1,20 kN/m²), actual límite normativo vinculado a la consideración de cargas uniformes equivalentes.

3. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

El estudio de las prestaciones relativas a las soluciones constructivas tradicionales en edificación se ha efectuado consultando, entre otros textos, el *Manual de Cerramientos Opacos* (ref. 5), desarrollado por el Centro de Asesoramiento Tecnológico del Colegio Oficial de Arquitectos de Asturias. En este documento se recoge una cantidad ingente de paramentos simples y compuestos, cuyas características técnicas se han obtenido de la normativa vigente en el momento de su redacción, de las informaciones facilitadas por diversos fabricantes, y de la constatación adquirida mediante los oportunos ensayos.

Con respecto al cumplimiento de los niveles de aislamiento exigibles a ruido aéreo (R), cabe reseñar que todas las soluciones descritas en el citado texto cumplen con el valor de 35 dBA, a excepción del paramento constituido únicamente por un ladrillo hueco sencillo de 4 cm, con revestimiento continuo de yeso de 15 mm en ambas caras (solución S-001) (Figura 1), y las divisiones confeccionadas mediante placas machihembradas de escayola de alta densidad, con un espesor no superior a 80 mm (S-033). Lo cierto es que ambas no son sino alternativas muy escasamente utilizadas en el panorama constructivo actual, o prácticamente desaparecidas del mismo.

Por otro lado, si atendemos a la limitación de la Norma relativa a un peso de 120 kp/m² (para admitir una asimilación a carga equivalente distribuida de manera uniforme), sólo tendrían cabida las divisiones de ladrillo hueco sencillo (4 ó 5 cm) con revestimiento continuo mediante enfoscado o enlucido (pero sin alicatado de ninguna clase) (S-001, S-002); los tabiques de ladrillo hueco doble de 6 cm, únicamente si presentan un enlucido continuo de yeso (S-003); los tabiques de escayola de densidad media o alta (S-032, S-033); y las particiones de cartón-yeso en cualquiera de sus variantes (S-034, S-035, C-059, C-060).

La solución constructiva más extendida, al menos en nuestro ámbito geográfico, es la constituida por un paramento de ladrillo hueco doble de 8 cm (formato métrico), enlucido a doble cara con espesores que oscilan entre 10 y 15 mm (S-004). Esta alternativa supone un peso propio del orden de 130 kp/m², aunque en locales húmedos puede elevarse a 165-180 kp/m² por efecto del alicatado (a una o ambas caras, respectivamente).

Con relación a las paredes separadoras (propiedades o usuarios distintos, zonas comunes interiores) y fachadas (parte ciega), la limitación de 45 dBA relativa al nivel de aislamiento acústico a ruido aéreo, implica valores superiores de carga. Volviendo al *Manual de Cerramientos Opacos* antes aludido (Figura 2), las posibilidades más ligeras allí recogidas podrían englobarse en el listado (no exhaustivo) del Cuadro 4.

Como se desprende de dicho cuadro, y con la única excepción de los tabiques constituidos por bloques huecos multicámara de arcilla expandida, todas las soluciones se vinculan a pesos que alcanzan o superan los 230 kp/m². Esta conclusión se hace extensiva al caso de los

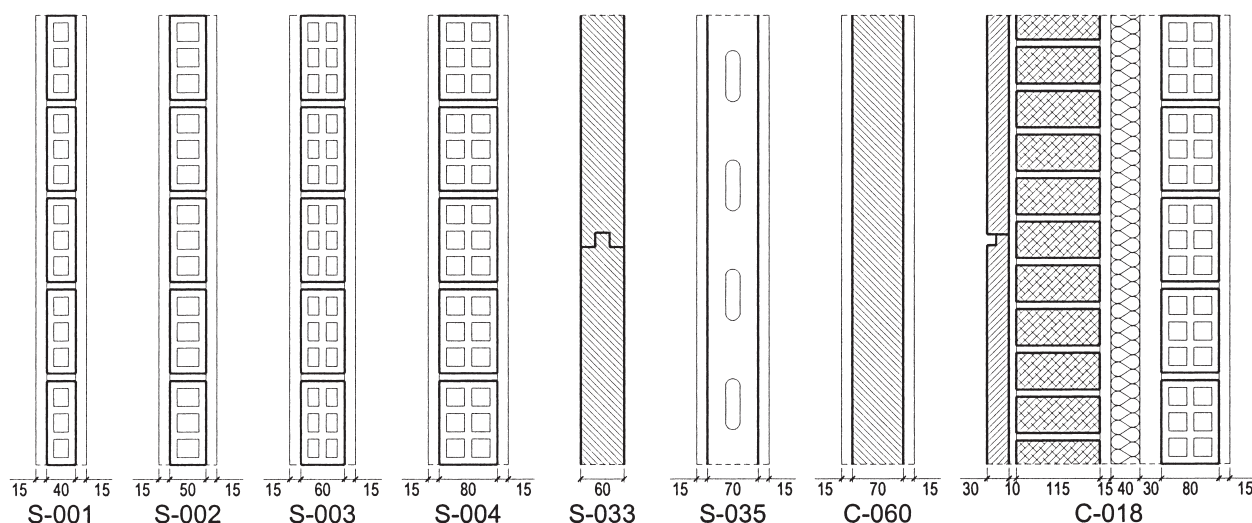


Figura 1.- Manual de Cerramientos Opacos. Paramentos verticales simples y compuestos.

CUADRO 4

| Descripción | Revestimiento | Referencia | Peso (kp/m ²) |
|--|------------------|------------|---------------------------|
| Un pie de ladrillo hueco (formato métrico, 24 cm) | Enlucido de yeso | S-008 | 315 |
| Bloque cerámico hueco genérico (19 cm) | Enlucido de yeso | S-010 | 270 |
| Medio pie de ladrillo perforado (formato métrico, 11.5 cm) | Enfoscado | S-011 | 230 |
| Medio pie de ladrillo macizo (formato métrico, 11.5 cm) | Enlucido de yeso | S-015 | 245 |
| Medio pie de ladrillo silicocalcáreo perforado (11.5 cm) | Enlucido de yeso | S-019 | 235 |
| Medio pie de ladrillo silicocalcáreo macizo (11.5 cm) | Cara vista | S-021 | 230 |
| Bloque hueco de hormigón (14 cm) | Enlucido de yeso | S-024 | 235 |
| Bloque multicámara de arcilla expandida (19 cm) | Enfoscado | S-028 | 140 |

Manual de Cerramientos Opacos. Paramentos verticales simples
(se entiende el revestimiento aplicado por ambas caras)

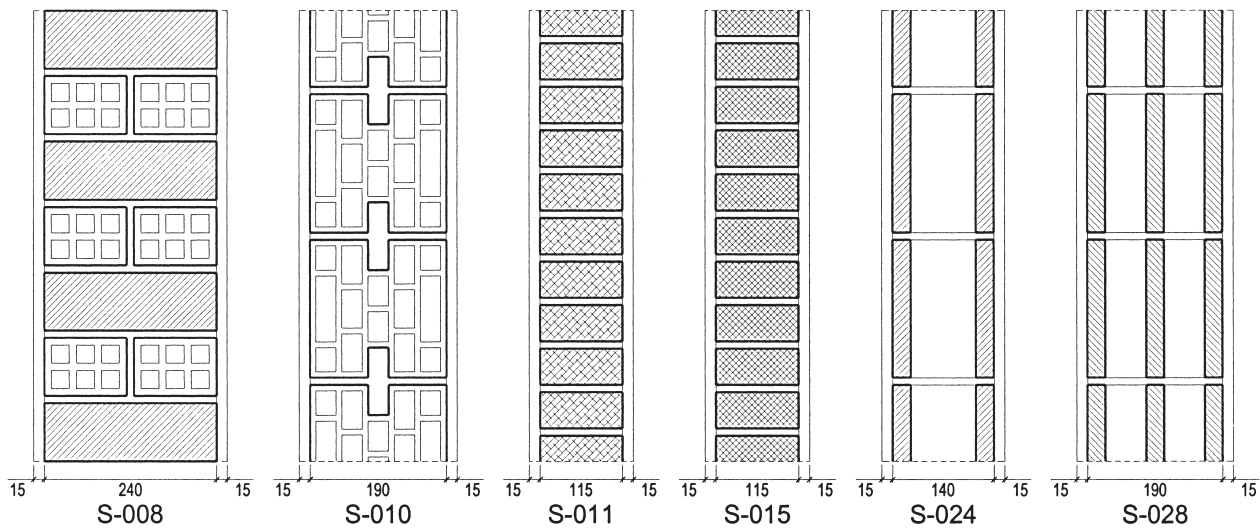


Figura 2.- Manual de Cerramientos Opacos. Paramentos verticales simples.

cerramientos verticales compuestos por más de una hoja, aun con la inclusión de aislantes específicos.

A la luz de las cuestiones enunciadas, parece lógico plantear la asimilación a una carga equivalente uniforme que contemple las particiones interiores habituales (de separación entre áreas de igual o distinto uso, pero de la misma propiedad), de forma que no sea preciso repercutir en el cálculo sus posiciones concretas (que además de conducir a una tarea sumamente laboriosa, no aportaría un incremento de precisión en los resultados obtenidos). Por el contrario, se entiende que los restantes paramentos (separadores y fachadas) deben incorporarse a las oportunas modelizaciones de análisis con distribuciones que atiendan a los ámbitos específicos de afección; en particular considerando que su ubicación no suele ser objeto de reforma durante la vida útil de la construcción.

4. CONSIDERACIONES PREVIAS

El análisis de la normativa actual en la materia, de las prescripciones contenidas en el último borrador del Código

Técnico de la Edificación, y de las soluciones constructivas comunes en el ámbito de la edificación residencial, pone de manifiesto diversas incongruencias de cierta relevancia. En concreto, cabe reseñar la adopción de sobrecargas de tabiquería que no se corresponden con los valores característicos asociados a niveles de fiabilidad del 95%, exigibles desde un planteamiento semiprobabilista de la cuestión. Por otra parte, dichas cantidades se han deducido a partir de elementos divisorios utilizados hace varias décadas, pero hoy sustituidos por alternativas mejores a todos los efectos y de mayor peso propio (con incrementos del 50 al 70% sobre los 80 kp/m² de referencia especificados en la Norma).

A tenor de la última cuestión, insistimos en que la asimilación de la tabiquería, como una carga equivalente uniformemente distribuida, se restringe desde el articulado a aquellas particiones que no superen los 120 kp/m². Los proyectos de vivienda se acogen sistemáticamente a la consideración de 100 kp/m² de sobrecarga de tabiquería *equivalente*, pero en la práctica se ejecutan con divisiones que, salvo contadas excepciones, responden a un peso no inferior a 130 kp/m². Esta disparidad sitúa fuera de Nor-

ma a la práctica totalidad de los cálculos realizados en el ámbito residencial; cuestión que se está obviando (entendemos que razonablemente) desde las oficinas de control técnico, pero que debería ser corregida en las próximas modificaciones legislativas.

Las consideraciones aquí formuladas nos llevan a tantear nuevos criterios, derivados de estudios efectuados sobre un abanico de construcciones que abarcan un período temporal de diez años, y que recogen las prácticas constructivas usuales en el ámbito residencial.

5. ESTUDIO ESTADÍSTICO

El planteamiento descrito en los párrafos precedentes exige abordar un estudio estadístico que afecte a un espectro suficientemente amplio de casos reales, de forma que se puedan establecer los valores característicos tanto en lo relativo a la densidad de distribución de particiones interiores como en lo que respecta a las oportunas cargas equivalentes (a definir por metro cuadrado de planta).

Con este horizonte, se ha seleccionado un total de 46 proyectos de bloques residenciales, procedentes de ámbitos geográficos muy diversos y desarrollados por diferentes estudios de arquitectura, incluyendo tanto viviendas de promoción pública como privada, y con configuraciones interiores muy diversas (Figura 3). Cada uno de los casos se ha estudiado en detalle bajo un entorno de diseño asistido por ordenador (AutoCad 2005, aplicación registrada por *AutoDesk Inc.*), procediendo a una medición pormenorizada de áreas, tabiques (en cada una de sus categorías) y huecos de paso y fachada.

Los datos más significativos de dicho estudio se recogen en la Tabla 1. Al pie de cada columna, compuesta por un total de n datos ($n = 46$), se determinan las cifras mínima y máxima, la media aritmética de la serie (x_m), la desviación típica (δ) y el valor característico (x_k). Los últimos parámetros responden a la formulación clásica:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2}{n-1}} \rightarrow x_k = x_m - 1,64 \cdot \delta$$

Para cada uno de los proyectos analizados, designado por un código numérico, se indica en la primera columna el cociente entre la longitud total de particiones interiores y la superficie dedicada en planta a uso residencial, expresado en m/m^2 . Como se aprecia en el histograma de frecuencias (Figura 4), el promedio se cifra en $0,336 m/m^2$, y

el valor característico se sitúa en torno a $0,40 m/m^2$, ciertamente alejado de la densidad ($0,50 m/m^2$) indicada por la Norma.

TABLA 1

| Código | Tabiques m/m^2 | Carga kp/m^2 | Alicatado m/m^2 | Alicatado % |
|------------|---------------------|-------------------|----------------------|----------------|
| 001 | 0,3142 | 97,3566 | 0,1794 | 57,1006 |
| 002 | 0,3778 | 116,4879 | 0,1675 | 44,3317 |
| 003 | 0,3387 | 104,7647 | 0,1495 | 44,1349 |
| 004 | 0,3386 | 104,3322 | 0,2026 | 59,8261 |
| 005 | 0,3145 | 97,1745 | 0,1719 | 54,6734 |
| 006 | 0,3040 | 94,1534 | 0,1638 | 53,8867 |
| 007 | 0,2951 | 91,4415 | 0,1973 | 66,8703 |
| 008 | 0,3141 | 97,0725 | 0,2185 | 69,5610 |
| 009 | 0,2918 | 90,2871 | 0,1779 | 60,9470 |
| 010 | 0,3025 | 93,6971 | 0,1636 | 54,0784 |
| 011 | 0,3233 | 99,9889 | 0,2280 | 70,5254 |
| 012 | 0,3326 | 102,9967 | 0,2366 | 71,1400 |
| 013 | 0,3510 | 108,6255 | 0,1570 | 44,7397 |
| 014 | 0,4117 | 126,4524 | 0,1952 | 47,4043 |
| 015 | 0,4051 | 124,5409 | 0,2136 | 52,7426 |
| 016 | 0,4007 | 123,3190 | 0,2212 | 55,2068 |
| 017 | 0,3820 | 117,5970 | 0,1638 | 42,8708 |
| 018 | 0,4006 | 123,2879 | 0,1991 | 49,6998 |
| 019 | 0,3950 | 121,4373 | 0,2068 | 52,3471 |
| 020 | 0,2977 | 91,8513 | 0,1403 | 47,1213 |
| 021 | 0,3352 | 103,6173 | 0,1659 | 49,4854 |
| 022 | 0,3745 | 115,2489 | 0,2051 | 54,7767 |
| 023 | 0,2717 | 84,5510 | 0,1501 | 55,2450 |
| 024 | 0,3422 | 105,8037 | 0,1895 | 55,3637 |
| 025 | 0,3168 | 97,8128 | 0,1739 | 54,8996 |
| 026 | 0,3146 | 96,9670 | 0,1321 | 41,9932 |
| 027 | 0,3563 | 110,3462 | 0,1417 | 39,7684 |
| 028 | 0,3449 | 106,2611 | 0,1650 | 47,8378 |
| 029 | 0,3370 | 104,8090 | 0,1676 | 49,7262 |
| 030 | 0,2321 | 72,5313 | 0,1543 | 66,4726 |
| 031 | 0,2435 | 76,0995 | 0,1867 | 76,6572 |
| 032 | 0,2743 | 85,2179 | 0,1828 | 66,6395 |
| 033 | 0,2868 | 89,5633 | 0,1662 | 57,9449 |
| 034 | 0,3149 | 97,7563 | 0,1881 | 59,7281 |
| 035 | 0,3410 | 105,4169 | 0,1811 | 53,1123 |
| 036 | 0,3091 | 95,5745 | 0,1776 | 57,4487 |
| 037 | 0,3603 | 111,6897 | 0,1671 | 46,3688 |
| 038 | 0,3549 | 109,9328 | 0,1911 | 53,8450 |
| 039 | 0,3908 | 120,9939 | 0,1687 | 43,1579 |
| 040 | 0,3540 | 109,6837 | 0,1779 | 50,2573 |
| 041 | 0,3628 | 111,8405 | 0,1506 | 41,5013 |
| 042 | 0,4177 | 129,0492 | 0,1834 | 43,8953 |
| 043 | 0,3516 | 109,2680 | 0,1741 | 49,5164 |
| 044 | 0,3290 | 102,3366 | 0,1642 | 49,9038 |
| 045 | 0,3471 | 107,9987 | 0,1738 | 50,0643 |
| 046 | 0,3037 | 93,8936 | 0,1761 | 57,9817 |
| x_{\min} | 0,2321 | 72,5313 | 0,1321 | 39,7684 |
| x_{\max} | 0,4177 | 129,0492 | 0,2366 | 76,6572 |
| x_m | 0,3360 | 103,9376 | 0,1784 | 53,7565 |
| δ | 0,0423 | 12,7920 | 0,0231 | 8,6149 |
| x_k | 0,4053 | 124,9164 | 0,2163 | 67,8849 |



Figura 3.- Diversas plantas analizadas en el estudio estadístico.

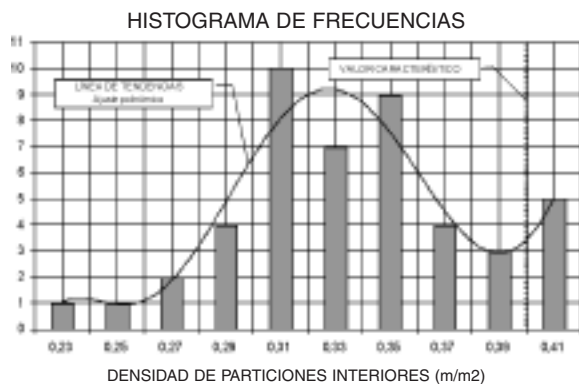


Figura 4

A continuación se ha estimado una posible carga equivalente, relativa a una distribución superficial uniforme, y extendida a la totalidad del ámbito de vivienda. Para ello, se ha considerado un peso propio de tabique de 120 kp/m², cifra máxima que, según las prescripciones de la NBE-AE-88, es posible asimilar a una sobrecarga de tabiquería. Análogamente, se computa una altura de tabique de 2,50 m, relativa a una dimensión libre entre acabados de solado y techo. Con respecto a este dato, cabe indicar que se ha prescindido de adoptar la altura real de la partición, en la medida en que tampoco se descuenta el ámbito de pavimento que interrumpiría el paramento, y que implicaría una cifra similar de carga.

En este caso se aprecia que los 100 kp/m² de sobrecarga de tabiquería, que la Norma asigna a los ámbitos de vivienda, se aproxima al valor promedio (103,94 kp/m²), pero difiere sensiblemente del característico (124,92 kp/m²) (Figura 5).

Estos primeros resultados avalan las consideraciones formuladas anteriormente, con relación a la necesidad de establecer nuevos criterios de asimilación de carga, más ajustados a las distribuciones y despieces actuales. En este sentido, y volviendo sobre la densidad característica de 0,40 m/m² antes obtenida, una altura de tabique¹ de 2,50 m derivaría en una repercusión por metro cuadrado de planta igual al peso propio de las particiones (0,40 x 2,50 = 1). La conclusión se puede enunciar de otro modo: Si todas las divisiones interiores se volcasen sobre el forjado, el nivel de ocupación coincidiría con la totalidad de la superficie de vivienda.

Con todo, el planteamiento así perfilado únicamente sería riguroso si todos los tabiques interiores respondiesen a una misma configuración y, por tanto, a un mismo valor de peso propio. La realidad demuestra lo incorrecto de tal afirmación, toda vez que en el interior de baños y cocinas se recurre frecuentemente, al menos en una fracción importante de la estancia, a finalizar el paramento mediante alicatado o aplacado pétreo.



Figura 5

Para tratar esta cuestión, se recoge en la tercera columna del estudio estadístico la densidad de tabiques alicatados a una cara (se han incluido las correcciones oportunas para contemplar, en su caso, la existencia de divisiones con dicho revestimiento por ambos lados). En este caso se alcanza un promedio de 0,18 m/m² y un valor característico de 0,22 m/m². En suma, más de la mitad de las particiones interiores deben incorporar en el cómputo correspondiente el incremento de peso ocasionado por el revestimiento aludido.

A fin de desarrollar un posible criterio de estimación, se definen en la cuarta y última columna los porcentajes de tabiques afectados respecto de la totalidad de divisiones existentes. La media aritmética resultante se eleva a un 53,75%, mientras que el valor característico se situaría en torno al 67,88%, lo que prácticamente representa dos tercias partes de la tabiquería interior.

A partir de las cifras y conclusiones obtenidas de forma estadística, entendemos posible avanzar un posible procedimiento de estimación de acciones gravitatorias para la tabiquería interior de viviendas, por lo demás con una formulación simple y abierta a la amplia casuística existente.

6. CRITERIO DE ESTIMACIÓN

En el caso de las particiones interiores de vivienda, y siempre que se trate de tabiques ordinarios cuyo peso por metro cuadrado no supere 200 kp/m² (Cuadro 5), su peso propio podría asimilarse a una carga equivalente uniformemente distribuida, cuyo valor se deduce de la siguiente expresión:

$$q_{eq} = 0,40 \cdot h \cdot \left(\frac{p_1 + 2 \cdot p_2}{3} \right)$$

¹ La dimensión de 2,50 m, definida entre acabados de suelo y techo, se corresponde con la limitación definida por las condiciones mínimas de habitabilidad.

CUADRO 5

| q_{eq} | kp/m ² | Carga equivalente |
|----------|-------------------|--|
| h | m | Altura libre |
| p_1 | kp/m ² | Peso propio de tabique |
| p_2 | kp/m ² | Peso de tabique con alicatado a una cara |

CUADRO 6

| h (m) | q_{eq} (kp/m ²) |
|---------|-------------------------------|
| 2,50 | 148,35 |
| 2,55 | 151,30 |
| 2,60 | 154,27 |



Figura 6.- Ejemplo de planta de distribución analizada.

La cifra límite de 200 kp/m² constituye un límite superior razonable que permite considerar dentro de la carga superficial equivalente los tabiques ordinarios con alicatados o aplacados convencionales en ambas caras (ref. 5).

El criterio propuesto permitiría solventar al menos algunas de las contradicciones implícitas en la Norma Básica, y aún no totalmente resueltas en el Código Técnico. Así, y volviendo a la tabla 1.4 incluida en el último, un tabique de ladrillo hueco de 90 mm, con guarnecido de yeso de 15 mm a doble cara, supondría un peso propio de aproximadamente 138 kp/m² ($1,00+2 \times 1,50 \times 0,12=1,36$ kN/m²=138,63 kp/m², ligeramente superior a los 130 kp/m² que se estiman en la referencia 5), y una carga equivalente de 208 kp/m² ($1,50+2 \times 1,50 \times 0,18=2,04$ kN/m²=207,95 kp/m²). A pesar de esta indicación, dichos tabiques no podrían asimilarse a una distribución uniforme, puesto que su peso propio supera claramente el límite indicado en el apartado 2.1.2 (1,20 kN/m²).

Por otro lado, aún admitiendo dicha asimilación, el documento apuntaría a valores muy superiores a los actuales, justificando en parte la diferencia por la utilización de alturas libres de 3 m. La aplicación de la expresión antes definida, prescindiendo momentáneamente del posible alicatado de zonas húmedas, y considerando divisiones usua-

les de 2,50 a 2,55 m (entre superficies terminadas de suelo y techo), conduciría a repercusiones del orden de 138 a 140 kp/m², que consideramos más ajustadas a las situaciones habituales.

En nuestro ámbito geográfico resultan comunes las particiones ejecutadas con ladrillo hueco doble de 8 cm de espesor, con revestimiento continuo de yeso por ambas caras de entre 12 y 15 mm; solución a la que puede corresponder un peso propio de 135 kp/m² (ref. 5). Caso de finalizar uno de sus paramentos mediante un alicatado convencional, tomado con mortero-cola sobre enfoscado previo, dicho montante asciende a un total de aproximadamente 155 kp/m². De acuerdo con el criterio recogido en la presente exposición, las sobrecargas equivalente podrían encuadrarse en los ámbitos reflejados en el Cuadro 6.

En suma, la adopción de un valor característico de 150 kp/m² como carga superficial equivalente se ajusta a la práctica constructiva más extendida. Se observa que dicha cifra supera en un 50 % el valor normativo actualmente empleado en los cálculos.

7. EJEMPLO DE APLICACIÓN

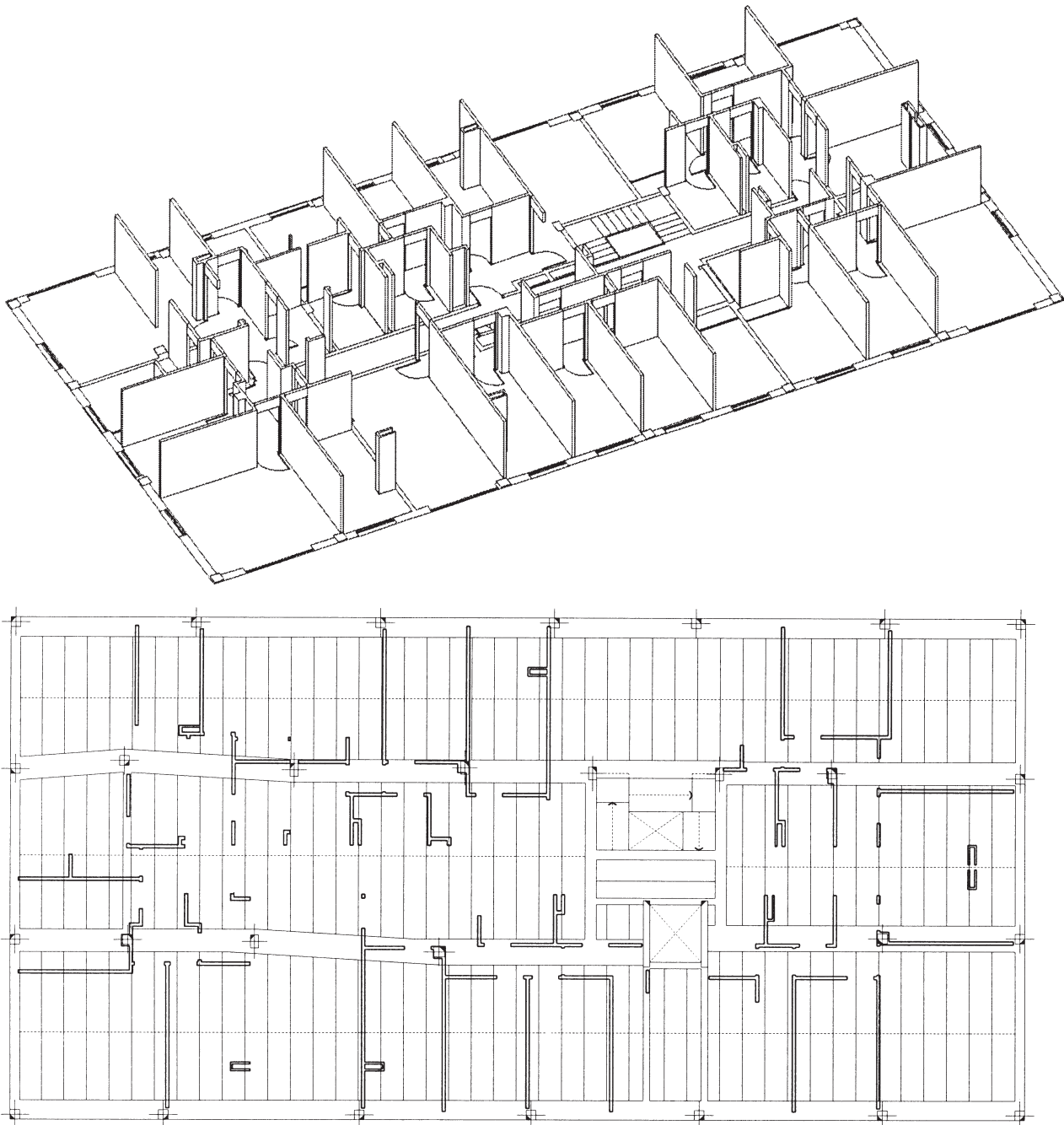
La planta de distribución definida en la Figura 6 se corresponde con uno de los bloques de vivienda contempla-

dos en el presente estudio. A lo largo de los siguientes párrafos, se pretende llevar a la práctica las consideraciones y criterios ya expuestos, pensando en la resolución del correspondiente cálculo matricial mediante una modelización tridimensional del edificio.

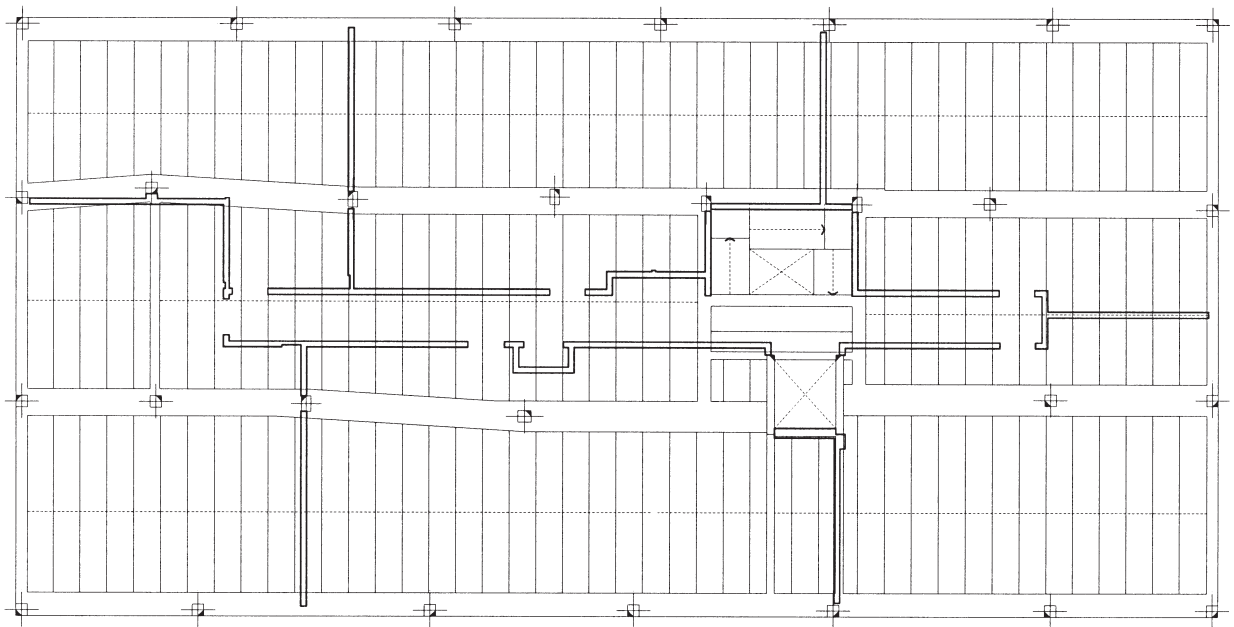
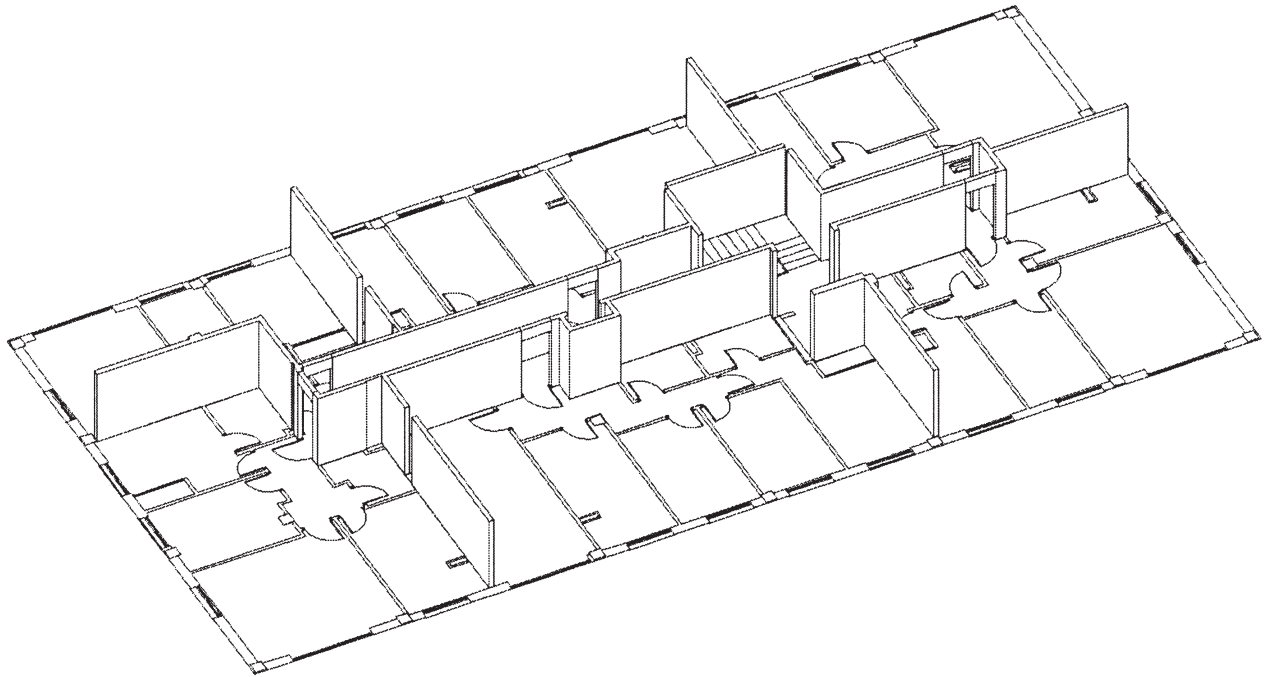
Las figuras 7 y 8 muestran, en axonometría y planta, las particiones interiores cuyo peso se entendería asimilado mediante una sobrecarga uniforme, extendida a todo el ámbito superficial destinado a vivienda. El valor de la misma, partiendo de las soluciones constructivas descritas en el último punto, se podría cifrar en torno a los 150 kp/m^2 .

Por otra parte, las Figuras 9 y 10 revelan los restantes tabiques interiores; esto es, los calificados por la NBE-CA-88 como paredes separadoras de propiedades o usuarios distintos, y de zonas comunes interiores, todos ellos con exigencia de aislamiento a ruido aéreo no inferior a 45 dBA. Dadas sus especificaciones, tales particiones no se englobarían en el valor de la sobrecarga previamente definido, y sería necesaria su consideración específica sobre los posibles elementos estructurales afectados.

A tales efectos, y tratándose de sistemas unidireccionales (nervados o de viguetas), cabe distinguir entre dos estrategias distintas:



Figuras 7 y 8.- Particiones interiores asimilables a sobrecarga uniforme equivalente.



Figuras 9 y 10.- Paredes separadoras entre viviendas y zonas comunes interiores.

. Tabiques dispuestos sobre vigas primarias, de borde o atado, o que discurren de forma sensiblemente perpendicular a los ejes del forjado. En tales casos, basta aplicar una carga lineal uniforme, obtenida como el producto de su peso propio por la altura de la fábrica. En el ejemplo, esto supone un total de 575 kp/m ($230 \text{ kp/m}^2 \times 2,50 \text{ m}$). El peso propio de 230 kp/m^2 se corresponde con la solu-

ción S-011 (ref. 5), definida por medio pie de ladrillo perforado (formato métrico), con revestimiento continuo de mortero por ambos paramentos.

. En lo que respecta a las paredes separadoras paralelas a la dirección de los nervios, podemos aplicar el procedimiento descrito en la referencia (1), distribuyendo la car-

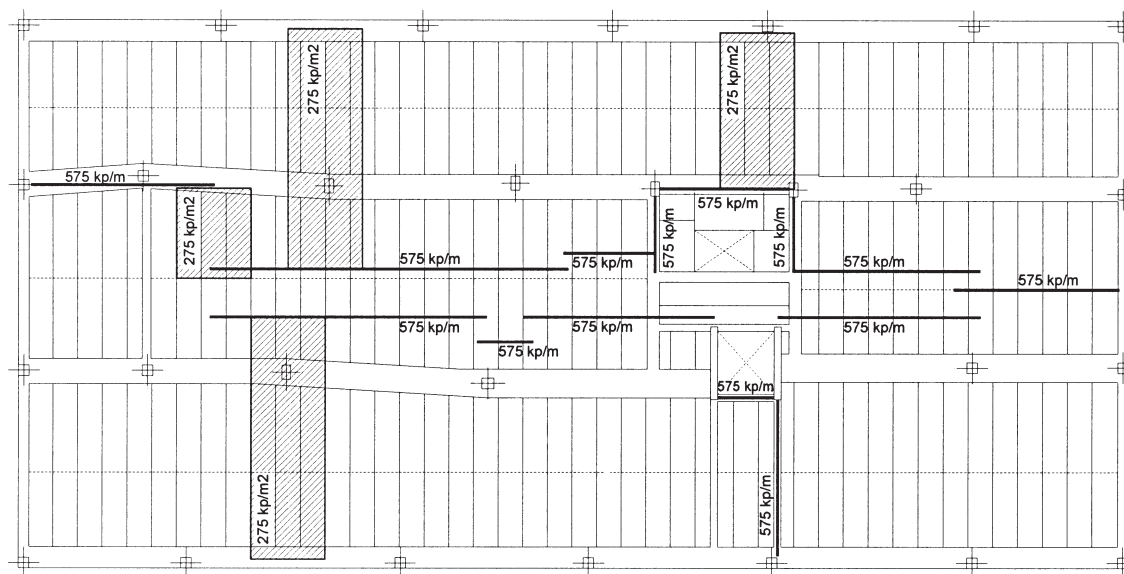


Figura 11.- Modelización de cargas correspondientes a paredes separadoras

ga lineal entre un número suficiente de nervios afectados, o alternatively, disponer una carga superficial resultado de dividir la carga lineal en una banda de ancho del orden de dos o tres veces el interje del forjado, Figura 11 (en la figura se ha estimado $275 \text{ kp/m}^2 \approx 575 / [3 \times 0,70]$). Este criterio es el que se ha aplicado en el ejemplo, en atención a su mayor facilidad de implementación en el modelo informático. Con todo, la aplicación de este procedimiento exige la existencia de una losa superior de forjado con su correspondiente armado transversal de reparto.

Los criterios que se proponen en el presente artículo aconsejan una revisión análoga para la estimación de las sobrecargas de uso, dado que los valores normativos actuales no se corresponden con datos característicos, y sus magnitudes parecen bastante alejadas de las situaciones reales. En este sentido valga como ejemplo la Figura 12, tomada de la referencia 3, y que tras 625 observaciones deduce una sobrecarga de uso, relativa a locales privados de oficinas, de 88 kp/m^2 , frente a los 200 kp/m^2 estipulados por la NBE-AE-88.

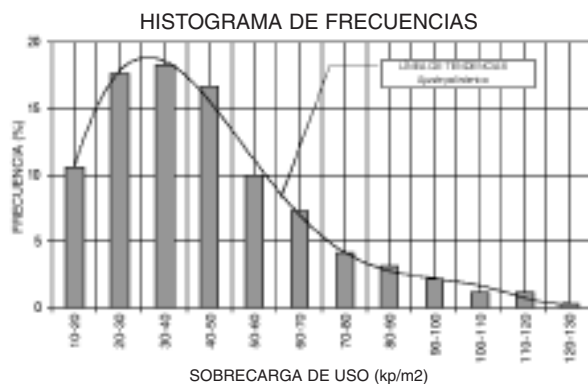


Figura 12

8. CONCLUSIONES

En primer término, cabe reseñar que, con la densidad de tabiquería obtenida, y para una altura usual en el entorno de 2,50 m, la superficie de particiones coincide con la destinada a vivienda. Esto significa que la sobrecarga equivalente, distribuida uniformemente sobre la planta, es igual al peso por metro cuadrado de la tabiquería empleada.

La incidencia de los revestimientos de zonas húmedas afecta, en valores característicos, a dos tercios del total de las particiones interiores de vivienda.

Con las soluciones constructivas usuales, la sobrecarga de tabiquería, incluyendo la repercusión de dichas zonas húmedas, alcanza un valor característico de 150 kp/m^2 frente a los 100 kp/m^2 habitualmente utilizados.

A la vista de todo lo expresado anteriormente, se considera que las cargas de tabiquería, relativas a edificación residencial, deberían recogerse en la normativa en términos similares a los siguientes:

. Las tabiquerías cuyo peso, incluidos los revestimientos, no supere el valor de 200 kp/m^2 , se repercutirán en el modelo de cálculo como una acción permanente uniformemente distribuida, dada por:

$$q_{eq} = 0,40 \cdot h \cdot \left(\frac{p_1 + 2 \cdot p_2}{3} \right)$$

. Las paredes separadoras, los cerramientos de fachada, así como las tabiquerías cuyo peso, incluidos los revestimientos, supere el valor de 200 kp/m^2 , se conside-

rarán como una acción permanente lineal y uniforme, coincidente con la localización del elemento.

En el caso particular de estructuras constituidas por forjados de tipo unidireccional, cuando los paramentos sean sensiblemente paralelos a la dirección del forjado, deberá ajustarse la idealización al objeto de asegurar el reparto de la carga entre un suficiente número de nervios.

La aplicación de los anteriores criterios debería estar en concordancia con una revisión de las sobrecargas de uso contempladas por la normativa vigente.

BIBLIOGRAFÍA

(1) Calavera Ruiz, J. *Cálculo, construcción, patología y rehabilitación de forjados de edificación*. Instituto Técnico de Materiales y Construcciones. 5ª edición. Madrid, 2002.

(2) Eurocódigo 1. *Bases de proyecto y acciones en estructuras. Parte 2-1. Acciones en estructuras. Densidades, pesos propios*

y cargas exteriores. Asociación Española de Normalización y Certificación. Madrid, 1997.

(3) Hart, G. C. *Uncertainty analysis, loads and safety in structural engineering*. Prentice-Hall. New Jersey, 1982.

(4) Lahuerta, J. *La broma de la seguridad*. Revista de Edificación. Marzo, 1989. Nº 5, pág. 5 a 10.

(5) *Manual de cerramientos opacos*. Centros de Asesoramiento Tecnológico. Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España. Oviedo, 1996.

(6) NBE-AE-88. *Acciones en la edificación*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid, 1989.

(7) NBE-CA-88. *Condiciones acústicas en los edificios*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid, 1988.

(8) Pérez Valcárcel, J. B.; et al. *Estructuras de edificación en hormigón armado*. Tórculo Ediciones. Santiago de Compostela, 1996.

* * *